洋菇堆肥翻堆機之研製及改良

譚奇才　臺灣省農業試驗所

前　　言

本省一般菇農，對於洋菇堆肥之製造，在機具使用方面，早期即知道採用切草機。切草機經過多年的不斷改良，性能已很優異，符合我國菇農之需要。但是，對於堆肥翻堆一項，過去雖亦曾向國外引進多種不同機型，都因不符合我國菇農的需要，而無法予以推廣。一般菇農，多以人力為之。過去我國勞力有過剩現象，工資低廉，這項以人力作堆肥翻堆的作業方式，倒也相安無事，曾經沿用很長一段時間。但是，近十年來，由於我國在各方面的長足進步，和尤其在經濟方面的優異表現，廉價勞工早已不復存在。而一般青壯年人，由於所受教育普遍提高，加之各類工作都很容易找到，根本不可能投入這項非常消耗體力和高污染性的工作。因此，近數年來，一般菇農，多租用所謂「怪手」，即一般所謂挖土機的機器，來替代人工，作為堆肥翻堆之用，實際解決了人工不足的難題，使洋菇生產事業，得以繼續生存下去。

以上兩種堆肥翻堆作業方式，共同的缺點是翻堆不够均勻。個人認為，我國洋菇單位面積產量不及歐美各國，堆肥醱酵不够均勻應該亦是重要因素之一。根據資料，歐美各國均普遍採用堆肥翻堆機，亞洲國家幾乎均不用翻堆機，歐美與亞洲國家在品種、栽培技術上差異不大，以目前栽培面積最大的低溫洋菇而言，因均在冬季栽培，氣温與歐美也相差不大，但單位面積產量差異很大。又翻堆機的採用，可使堆積中的堆肥上下層堆肥含水率保持均勻。加之翻堆機能將堆肥上下層顆粒均勻翻動，混合，更能減少堆肥中嫌氣性細菌的生存空間，增加好氣性細菌繁殖的機會，使堆肥更適合洋菇的生長。基於以上的認識，翻堆機的採用，應有增加洋菇單位面積產量之可能性。

基於以上之認識，本所為改善此一現象，提高農民所得，增强市場競爭力，在洋菇基金會支持下，以及由省預算撥出部分經費加以配合，自行設計研製洋菇堆肥專用翻堆機，以應需求。

我國從事洋菇堆肥翻堆機之研究的機構或個人方面，就機構方面而言，應以臺灣鳳梨公司為最早。二十年前，臺灣的洋菇事業正處於發展的尖峯時期，臺灣鳳梨公司本身亦大規模從事洋菇的生產，以配合製罐業務的强力需求。為了本身的需要，該公司機械部門的人員，根據當時引進的歐美較小型的翻堆機，加以仿造和改良，解決了該公司的問題。根據資料，當時該公司仿造的對象是鏈條式翻堆機，這種型式的翻堆機最大的缺點是鏈條容易夾草，鏈條經常處在過負荷狀態下，故障率很高。又鏈條長時間與腐蝕性特高的堆肥接觸，更大幅降低鏈條的壽命。影響所及，尤其是在每天的工作量方面不易把握。至於在個人研究開發方面，較有成就的是臺南縣新營一帶少數的幾家鐵工廠，他們利用水稻脫穀機的脫穀筒的基本原理，加以改良。改良的方向是將原來只有一個脫穀筒的脫穀機再加一個脫穀筒而變成兩個一組的新機器，再將兩個脫穀筒配以適當的角度，看起來一高一矮，以及對齒型和排列上的變化，而研製成一種簡易的洋菇堆肥翻堆機

。這種機器在作業速度上比人工快得不算很多，但在翻堆效果上要比人工或怪手好很多，售價也不算貴，只因性能不算很特殊，加之在工人缺乏之時也無替代的作用。因此，十數年來，只有臺南縣新營、官田、六甲有部分菇農採用。目前因人工日趨昂貴，加之雇工不易，採用的菇農已更不多見。

有關臺鳳公司仿造的翻堆機如第一圖所示，簡易洋菇堆肥翻機如第二圖所示。

在本所決定研製洋菇堆肥翻堆機的前一年，國立中興大學農教系機械組的欒家敏教授及彭錦樵教授，接受當時的行政院農業發展委員會的全額補助，共同從事研製翻堆機的工作，詳情將於下文中提及。

研究及改良成果

歐美製洋菇堆肥翻堆機的種類很多，但可以概略分爲二大類。第一類是用二條輸送鏈條作爲翻堆作用的主體，在輸送鏈條每一適當間隔固定一條長桿，並在長桿上固定相當數目的條狀齒。當翻堆機作業時，這種固定於鏈條中間長桿上的條狀齒，能自下而上將堆肥自機體前下方向上方翻，最後掉落於鏈條組合的後下方，翻轉後之堆肥，在重新再堆積前，經過一組混合的裝置，施以再混合，達到均勻混合之目的。這種方式的翻堆機，最大的優點是全部機器的長度比較短，體積也比較小。缺點是鏈條容易夾草，致鏈條經常處在過負荷狀態下，故障率很高。歐美早期都採用這一型機種，近十數年來已被淘汰，很少再有人採用。我國早年自國外引進的機型多屬於這一類。第二類是用一直徑大約二公尺，寬 1.9公尺的大滾筒， 上面固定有不同排列、不同型式、不同大小及不同長度的翻堆齒、板或桿等之物體，當滾筒旋轉時，滾筒上的齒、板或桿能將堆肥自下方沿前上方往滾筒後方輸送，再經過一組混合機構混合後，才在機器的後方重新堆積成條狀。這種條狀堆肥的規格通常是高二公尺，底部寬1.9公尺，長度通常都在100公尺以上。滾筒式堆肥翻堆機的翻堆原理與鏈條式並無太大的分別，最主要不同之點在於滾筒式在作業過程中，與堆肥直接接觸的僅有翻堆齒及滾筒的曲面，其他較重要的傳動機件均能加以好好保護。因此，故障率可以大幅度降低。缺點是滾筒的直徑高達 2 公尺，機器亦因而非常龐大，售價高更是意料中的事。另一點，歐美式翻堆機都採用車輪作爲走行的工具，因此這種機器必須在舖有厚厚的水泥地上才能作業。這種設施，對於歐美設有專業的洋菇堆肥生產公司，經年都能運作的情形下當然不會有問題，但對於我國全是小菇農的情形下，專業的洋菇堆肥生產公司又不具備生存空間，因此洋菇堆肥的製造，必須因陋就簡，而且又必須發揮其最大的潛力，來改善洋菇的生產條件。

本所在從事研製洋菇堆肥翻堆機之初，基於體積小的優點，亦曾考慮採用鏈條式的基本原理，作爲開發新機型的依據。後來收集了部分臺灣鳳梨公司的發展經驗，再加多次實地參與試驗，發覺這種輸送鏈條售價很高，作業中易於夾草，經常斷裂，因此無法控制正常作業量，對以企業經營的生產事業言是非常不利的。因此轉而採用滾筒式作爲研製的理論基礎。但是，如果將歐美現有的滾筒式機種，一成不變地加以仿製，由於這類機器體積過於龐大、笨重，可以斷言的一點是，在我國境內沒有任何一處可以容納和施展它的能力。比較可行的辦法是把滾筒的直徑大幅度縮小。如屬可行，如此一來，整個機器的體積是縮小了，重量也減輕了。但是，如果作業原理不變，那麼新的問題又跟着來了。我們知道，歐美滾筒式翻堆機的作業原理是將欲翻堆的堆肥用滾筒上的齒當作

鏟子來用，翻堆滾筒的轉動，就等於用很多把鏟子把堆肥剷至滾筒的後方，另堆積成一條新的堆肥 Pile 。這項工作，通常都是在非常緩慢的速度中進行。在歐美，一條堆肥 Pile 的高度大約是 1.8～2.0 公尺，底部寬大約也是 1.8～2.0公尺，長度則因場地而異，通常都在 100公尺以上。因爲條狀堆肥的高度都在 2 公尺左右，因此滾筒的直徑至少也要 2 公尺才行。如果我們要把滾筒的直徑大幅縮小，而作業原理不變，則翻堆後的堆肥高度理應亦將相對大幅降低。如此一來，不僅牽涉堆肥內部的醱酵是否完全，影響日後的洋菇產量，其次，對於場地的利用更是很不經濟。

基於以上兩點考慮，所作出來的結論是，我們即使仍願意採用滾筒式作爲理論基礎，但作業基本原理也必須大幅修正，但都必須符合以上所提兩點，即堆肥的再堆積高度必須能達到一預期水準，第二，場地應能經濟利用。而不能盲目採用歐美現有的做法。

首先，讓我們來分析一下歐美現有的翻堆機的翻堆滾筒的功能。它的滾筒在翻堆過程中只擔任兩項任務：第一項任務是將堆肥自原堆肥條中剷起。第二項任務則是將堆肥輸送至滾筒後方，另外重新堆積成堆肥條。用這種方法重新堆積成堆肥條的高度，通常是等於或略矮於翻堆滾筒的直徑。而這種滾筒的迴轉數通常都很低，通常是在 20rpm 左右。

本所研製的，如果仍舊想採用滾筒式，則歐美滾筒式的第一項任務，即是將堆肥自原堆中剷起的任務，明顯的必須保留。但第二項的單純運輸任務，已不符實際需要，有加以檢討的必要。爲了大幅縮小機器體積和降低機器重量，我們不得不將滾筒的直徑大幅減小。如今，以一個很小直徑的滾筒，將堆肥剷起輸送後，仍希望能將堆肥的堆積高度維持在一較高的水準，顯然已與實際不能配合。因此，本所研製此項翻堆機的重點之一，就是集中在這個問題上，希望能有所突破。

經過不斷的研究與檢討，我們找到了突破這項研究瓶頸的方法，這個方法是澈底修改翻堆滾筒的作業原理。歐美的作業原理是剷起與輸送堆肥，我們則改用剷起及拋送堆肥。輸送堆肥的限制是，它輸送堆肥的最大高度不能超越滾筒的直徑。也就是說以滾筒的直徑爲極限。凡是滾筒直徑大的，翻堆後的堆肥堆積高度比較高。反之，直徑小的，堆積高度比較低。但是，如果採用拋送原理，則不受滾筒直徑的限制。眞正決定堆積高度的，第一在於滾筒的迴轉速度，凡是迴轉速度快的，堆積高度比較高。反之，堆積高度低。第二在於堆肥的含水率，亦會影響堆積的高低。

經過多次基本試驗，對於某一定堆積高度的堆肥，滾筒的直徑並非可任意縮小至任何吾人所設定的，而是有一個極限的。此一極限即爲滾筒的最小直徑，過此則問題叢生，無法達到預期的效果。

另一項發現，就是拋送的高度，雖然可以大幅度提高，但也有極限。因此，如果能在滾筒後方另加裝一組輸送皮帶，而且是向後上方斜向輸送，使所有堆肥均能到達某同一高度，則翻堆效果將更佳。

歐美滾筒式堆肥翻堆機，它的滾筒只擔任剷起及輸送兩項任務，已如前述。經過這樣處理後的堆肥，混合效果並不理想。因此必須在再堆積之前經過另外一組機構作混合處理，方可使翻堆後堆肥，達到均勻混合的效果。本所研製開發的翻堆機因與歐美的在作業原理上並非完全相同，經過用拋送方式處理過的堆肥本身已達到均勻混合的效果，不必再需要一套混合機構，是最大一項特色。

本所研製開發的翻堆機也有它的缺點，因爲是採用抛送的方式，滾筒的迴轉數必須提高，相對的所需的動力也勢必增加。歐美式因只負責輸送，故所需動力較小。但因爲滾筒的後面尙需安裝一組混合機構。所以在總動力的需求上，並不見得會節省多少。

翻堆機的另一項難題是走行裝置。歐美式所有機種都採用車輪。車輪式必須在寬廣堅厚的水泥地上才能作業，而我國一般菇農不可能投資興建此種場地，一般均爲泥地，這也是歐美式機種始終無法在我國推廣的主因。爲了因應我國現有的環境，本所因此改採用能在泥地作業的履帶式爲主要的行走工具，而以車輪爲副。此一改良，在經過試驗後已充分證明其可行性。

本項研究計畫自民國七十三年七月起開始。第一年先收集資料，同時也設計及試製簡易試驗機一台，進行堆肥翻堆基本試驗。當翻堆基本試驗獲得進展後，第二年再試製完整的翻堆試驗機進行試驗，並於每次試驗後，根據試驗所得結果，次第加以改良，改良方向則如下述：

一、翻堆滾筒直徑之選定：

歐美製翻堆機，其滾筒直徑恆在 2 公尺左右。本計畫最後決定採用之滾筒直徑爲76公分。

二、翻堆滾筒曲面上翻堆齒之形狀及排列：

歐美機種，因所處理的堆肥，其組成的主要成分爲麥桿，而麥桿的長度均在 1 公尺以上。因此，翻堆齒的形狀多以圓棒狀爲主，也有採用截面積爲長方形者。至於齒形的排列，多以單齒作人字形排列，近年來也有採用雙齒併列或三齒併列的設計。我國菇農，因爲臺灣是產米地區，稻草很多，麥稈很少，因此，堆肥的主要成分也由麥稈改成了稻稈。我國菇農，習慣上均把稻稈切斷成 3 ～ 5 公分的長度。這種長度，如果採用單齒排列，不容易發揮將稻稈剷起及抛送的效果。因此，本計畫乃採用雙齒併列法，至於齒的形狀，則爲長方形截面，短邊爲 1 公分，長邊爲 5 公分。每一對齒之間隔爲 7 公分，共計 8 排，每排 2 ～ 3 對。

三、翻堆滾筒轉速之選定：

歐美堆肥翻堆機，滾筒的迴轉數通常多在 20r. p. m 左右。本計畫採用 85r. p. m，如此方會產生抛送的效果。然而，如果迴轉數過高，動力的消耗必然過鉅，也不合算。

四、輸送皮帶的線速度：

此一部分爲整個試驗過程當中花費時間最多的一個項目。試驗的次數也最多，曾經採用許多不同的線速度來加以試驗。其中較具代表性的有三個，即 1.30公尺／秒，1.87公尺／秒及 3.3公尺／秒。對於由翻堆滾筒抛送來的堆肥，前述三種速度均可將堆肥充分處理，不成問題。而問題之徵結在於翻堆後之堆肥再堆積時，堆積高度穩定性的問題。

五、翻堆試驗機作業中前進之速度：

此一部分與翻堆滾筒之直徑，翻堆齒之排列，轉速及堆肥之堆積高度與寬度均有非常密切的關係。到目前爲止，本試驗之全部試驗均係在農業試驗所內進行，每次試驗所使用的乾稻草自1,000公斤至1,500公斤不等。

本所最初研製完成的簡易洋菇堆肥翻堆試驗機如第三圖所示，堆肥翻堆基本試驗如

第四圖所示，堆肥翻堆試驗機的試驗情形則如第五及六各圖所示，試驗機之基本規格則如第七圖所示，歐美式翻堆機作業情形則如第八圖所示。

茲將本所初步開發成功的洋菇堆肥翻堆試驗機的試驗結果與歐美小型的翻堆機作一比較如下：（詳第一表）

第一表　翻堆試驗機與歐美小型翻堆機性能比較

機型	農試所試製	歐洲小型機
全長	470公分	690公分
全寬	160公分	325公分
全高	200公分	292公分
總重量	約1,200公斤	約5,500公斤
最大翻堆寬度	122公分	200公分
作業前進速度	1公尺／分	0.3公尺／分～2.4公尺／分
翻堆滾筒直徑	76.0公分	200公分
翻堆滾筒轉速	85r. p. m.	20r. p. m.
輸送皮帶轉速	3.3公尺／秒	—
總動力	23馬力柴油引擎	26.5馬力馬達

歐美小型堆肥翻堆機之最大翻堆能力為每小時80公噸，堆肥含水率為 72% W. B.。本所試製的翻堆試驗機，經初步試驗結果，一般翻堆能力為每小時18公噸，堆肥含水率也是 72% W. B.。至於最大翻堆能力之測定，因受限於經費，試驗機是在克難環境中勉强組合完成的，機件本身品質不良，結構亦有問題，無法負荷長時間的作業。本試驗機只能充分證明兩大重點：第一，能够翻堆。第二，翻堆後之堆肥能達到充分均勻混合之目的。

國立中興大學研製洋菇堆肥翻堆機簡介

本文前言中已經述及，中興大學欒家敏教授，彭錦樵教授，在前行政院農業發展委員會經費支持下，早本所一年，共同從事翻堆機的研究工作。根據臺灣省政府農林廳彙編，七十五年八月出版的農機研究發展與示範推廣報告第136頁至139頁之「菇舍堆肥翻堆機之研究」報告中之記述，該項翻堆機之基本結構及原理與歐美及農業試驗所研製的機型亦大有差異。根據記述，及參考第九圖所示，該翻堆機之主要元件計有耙草輪（1），耕耘刀（2），前車輪（3），前輸送皮帶（4），肥料箱（5），橫送螺旋（6），後車輪（7），後輸送皮帶（8）及給水管（9）等。這種翻堆機的主要翻堆元件是耕耘刀（2），靠着耕耘刀（2）的迴轉，將堆肥自堆肥條中剷起，並將已剷起的堆肥抛向前輸送皮帶（4），將堆肥運走。已被運走的堆肥經過橫送螺旋（6）及肥料箱（5）將所需添加的其他各項化學肥料加入並予以混合，最後再經過後輸送皮帶（8），將處理過的堆肥再重新堆積成堆肥條，達到翻堆之目的。

用耕耘刀來翻轉堆肥，農試所在十年以前也曾經試過。當時採用耕耘刀的主要動機

是爲了配合洋菇堆肥上床一貫作業化。但是，經過多次試驗後，發現很不理想，因而放棄。根據中興大學的報告圖示和書面資料，該翻堆機仍舊停留在基本試驗階段，並未試製完成整臺的試驗機，而且目前已停止研究工作。但根據該一報告的有限資料，加以整理，並與農試所的試驗機作一比較如第二表。又目前歐美最新型的洋菇堆肥翻堆機均已不再附加給肥裝置，而是將欲加入之各種粉狀或粒狀肥料預先均勻撒佈於堆肥條之最上層後，再用翻堆機來翻堆。這種最新的作業方式，一方面可以減少翻堆機的複雜結構，降低翻堆機的製造成本，也可以減少機器的故障率；另一方面可能讓新加入的肥料與原來的堆肥有更佳的混合和均勻的機會，如第八圖所示。

第二表　中興大學農試所翻堆試驗機比較

開發機關		中興大學	農業試驗所
全長			470公分
全寬			160公分
全高			200公分
總重量			約1,200公斤
原動機		10馬力柴油引擎	23馬力柴油引擎
堆肥翻堆方式		耕耘刀翻堆	滾筒翻堆
翻堆有效寬度		120公分	122公分
作業前進速度		1.2公里／小時，20公尺／分	60公尺／小時，1公尺／分
作業情況		因作業速度太快，輸入及運送機構全然無法承受湧入的待處理之堆肥。	堆肥翻堆情況良好，但翻好後之堆肥其堆積高度不夠穩定。
未來改進方向	翻堆有效寬度	75公分	150公分
	前進作業速度	0.5公尺／分	1公尺／分～2公尺／分
	其他		1.機身太長，應儘可能縮短。 2.翻好後之堆肥應使其堆積高度保持穩定。 3.加强底盤結構及設計齒輪箱，使底盤能承受機體之重量，並簡化齒輪箱等之構造。

結論

我國農業，受國外農產品强烈競爭和入侵的雙重威脅下，情勢相當嚴重。而我國的洋菇事業，也是受害最深的產業之一。維持生存，已很吃力，重振當年雄風，更是談何容易。但是，爲了生存，還是應該振作精神，謀求對策的。除了品種改良，提高品質，增加產量外，適度的機械化，以降低生產成本，提高單位面積產量亦爲當務之急。有關洋菇堆肥翻堆機之研究與開發，過去雖然也有衆多個人或機關在從事，目前僅剩下農試所一個機關在苦撐。由於經費的嚴重不足，致無法早日研製完成，協助菇農，參加生產行列。目前本所研製開發初步成功的洋菇堆肥翻堆試驗機，經多次試驗，翻堆性能不亞於歐美機種。又因爲整體重量較輕，加之是以履帶爲主要行進工具，故能在泥地上作業，符合我國國情。由於洋菇事業之日趨式微，且洋菇生產有其季節性，生產成本又較高

，專業的洋菇堆肥翻堆機可能已不合時宜。但由於目前環境保護意識的高漲，土壤因長期施用化學肥料而嚴重酸化，因而激起廢棄物的回收與再利用，已成為今後的必然趨勢。目前已有機構在從事農產廢棄物的回收與再利用的研究工作。加之臺灣土地資源有限，垃圾的處理，不可能無休止地掩埋下去，也不可能全部予以焚毀，造成二次公害。因此垃圾的分級工作，將來遲早都要實施。而這些工作的處理，都有賴翻堆機的作業性能的眞正發揮。

本所初步研製完成的洋菇堆肥翻堆機，他現有的缺點，如結構不健全，以及翻堆寬度不够，只有四臺尺寬，不足以在冬季充分醱酵，都是因爲經費不足所造成的。只要經費充足，這些缺點都不會成爲問題的，本所當可研製完成符合我國菇農需要的機型。

Studies and Improvement on Mushroom Composte Turner

Chi Tsai Tan TARI

Summary

Mushroom growing in Taiwan has a long history more than thirty years. However, our mushroom farmers used to hire men and women to prepare or to manufacture mushroom composte with a few simple tools during this thirty-year period especially in the very beginning. Then, they learned to buy akind of rice straw cutters which are designed and manufactured by our local small agricultural machinery workshops for parts of the preparing works. Some of our farmers even bought a portable type of mushroom composte turners which were also designed and manufactured by some small workshops in Southern Taiwan. The theory of those machines cam originally from our local and an old type of rice thresher. Since the efficiency of those machines were very low, therefore, there were only a few mushroom growers who had bought them just in the neighborhood of those workshops.

Mushroom growing is no longer a profitable business in recent years in Taiwan because of heavey competition in the world market as well as the continuous hike of wages in Taiwan. If the mushroom business can exist in Taiwan in the future, many problems must be solved before it is too late. And the adaption of an effective composte turner is also a decisive factor as concerned the whole matter.

Factors such as the climate is not so suitable for mushroom growing, lesss of capital of the growers, the competition in the world market, and the local market is very small. All the factors mentioned above are not so easy to be solved by growers themselves or even by the national governm-

ent.

In the agricultural machinery field now as we are, what we can do is to design and to manufacture an more effective and less too expensive com-poste turner compared with the Western turners. Fortunately, we have had reached the noble goal successfully under this project.

參考文獻

1. 譚奇才，1985，國外洋菇機械及洋菇市場情況，中國農業工程學報31 (4)：118—125。
2. 欒家敏，彭錦樵，菇舍堆肥翻堆機之研究，民國七十五年農機研究發展與示範推廣報告，臺灣省政府農林廳。

第一圖　臺灣鳳梨公司仿製之洋菇堆肥翻堆機

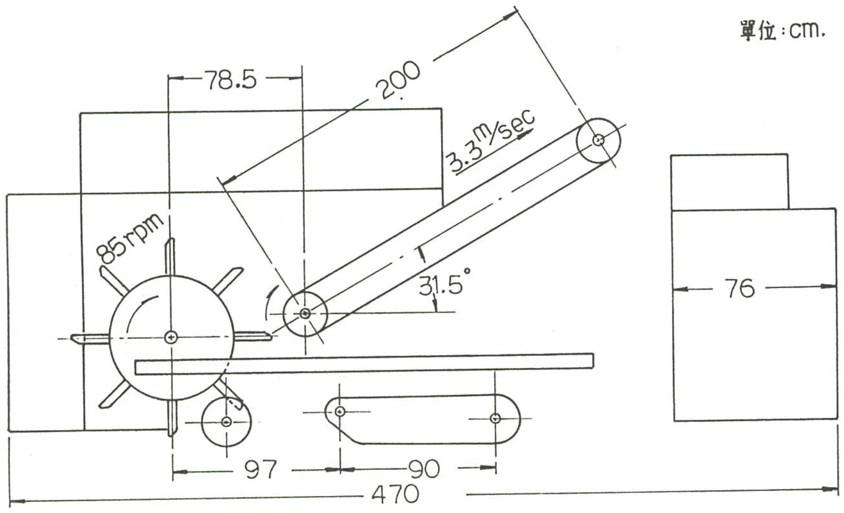
第二圖　簡易洋菇堆肥翻堆機作業情形

第三圖　簡易洋菇堆肥翻堆試驗機

第四圖　堆肥翻堆基本試驗

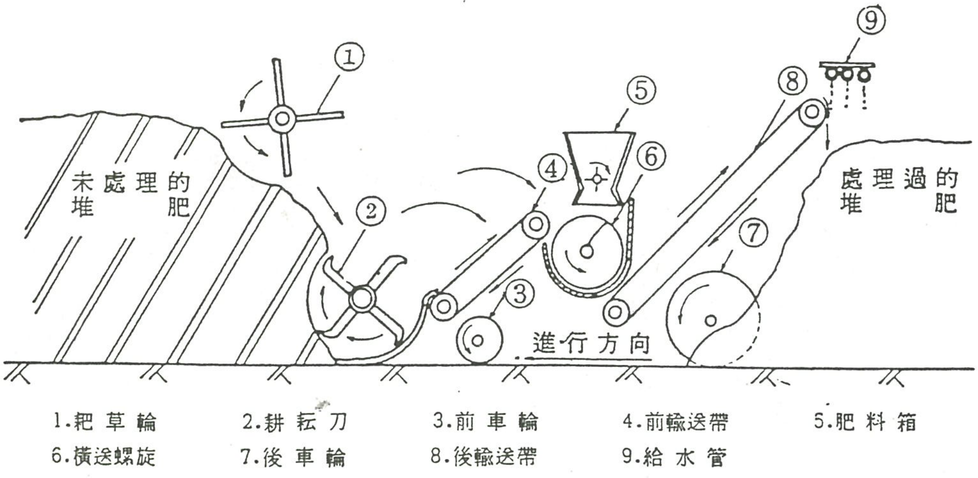
第五圖　堆肥翻堆試驗機試驗情形之一

第六圖　堆肥翻堆試驗機試驗情形之二



第七圖　洋菇堆肥翻堆試驗機

第八圖　歐美式洋菇堆肥翻堆機作業情形



第九圖　菇舍堆肥翻堆試驗機之機構示意圖